

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-039531

(43)Date of publication of application : 08.02.2000

(51)Int.Cl.

G02B 6/13
G02B 6/122

(21)Application number : 10-206274

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 22.07.1998

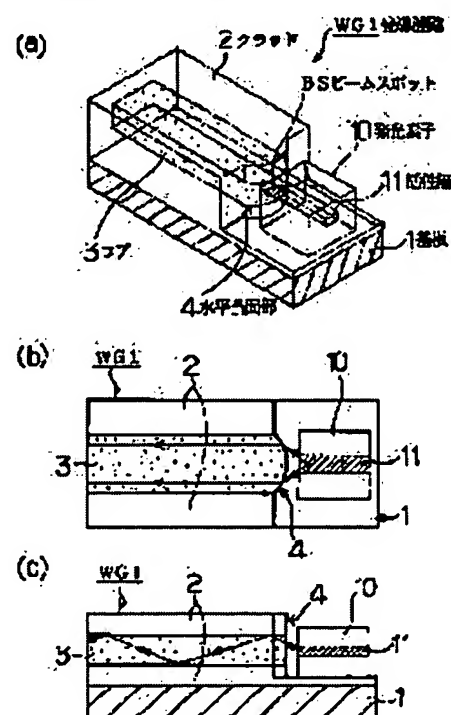
(72)Inventor : OGAWA TAKESHI
OKUHORA AKIHIKO

(54) OPTICAL SIGNAL TRANSMISSION SYSTEM AND ITS PRODUCTION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress higher order mode propagation, to suppress waveguide loss and to increase optical output when the light from a light emitting element of an end face light transmission type is subjected to end face coupling at the incident end face of an optical waveguide.

SOLUTION: The core end face portion at the incident end face of the optical waveguide WG1 is formed as a planoconvex surface part 4. While a laser beam emitted from the active layer 11 of the light emitting element 10 has spreading components to a certain extent in a horizontal direction and a vertical direction. The horizontal components among these components are converged by the lens effect of the planoconvex surface part 4 and are eventually propagated in the state of a small incident angle to parallel light beams or at the boundary between a core 3 and a clad 2, i.e., lower order mode propagation is eventually made possible. The planoconvex surface part 4 may be formed by anisotropic etching via an etching mask having a similar edge profile. When the core end face is nearly a spherical surface, the vertical components in addition to the horizontal components are converged as well.



* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]Lightwave signal transmission systems comprising:

An optical waveguide which consists of a core part and a clad part which surrounds this core part, and extends in field inboard of this substrate on a substrate.

It is allotted to the incident end face side of said optical waveguide on said substrate, and has a light emitting device which emits light to field inboard of this board, A music convex part from which it is the lightwave signal transmission systems made as [make / introduce light from said light emitting device into said core part by end face combination, and / it / spread], and the end face of said core part serves as a convex toward said light emitting device in an incident end face of said optical waveguide at least.

[Claim 2]The lightwave signal transmission systems according to claim 1, wherein said music convex part is a convex in either [at least] a section profile of field inboard of said substrate, or a vertical section profile.

[Claim 3]The lightwave signal transmission systems according to claim 1, wherein each of said core parts and said clad parts consists of polymer materials.

[Claim 4]A manufacturing method of lightwave signal transmission systems characterized by comprising the following.

The 1st process formed so that an optical waveguide which consists of a core part and a clad part which surrounds this core part may be made to extend on a substrate at the field inboard.

The 2nd process of forming in the surface of said clad part an etching mask which has the edge profile projected by music convex shape in areas of overlap with said core part.

The 3rd process of forming an incident end face of music convex shape by etching said optical waveguide via said etching mask until the whole section of a core part is exposed at least.

The 4th process mounted in a removing part of said optical waveguide so that a light emitting

device which emits light to field inboard of said substrate may be made to counter said incident end face.

[Claim 5]A manufacturing method of the lightwave signal transmission systems according to claim 4, wherein a section profile in field inboard of said substrate forms a core part used as a convex by performing etching in said 3rd process under anisotropic etching conditions.

[Claim 6]Said core part and said clad part are formed using material in which etch rates differ mutually, A manufacturing method of the lightwave signal transmission systems according to claim 4 making the end face of this core part project from an incident end face of said optical waveguide by performing etching in said 3rd process under conditions which make an etch rate of this core part small compared with this clad part.

[Claim 7]By heat-treating at temperature which may be made to transform only this core part, and rounding off the projected end face, after forming said core part using material with a low glass transition temperature compared with said clad part and completing etching in said 3rd process, A manufacturing method of the lightwave signal transmission systems according to claim 6 forming a core part from which a vertical section profile also becomes a convex to said substrate.

[Claim 8]A manufacturing method of the lightwave signal transmission systems according to claim 4 forming said optical waveguide using a polymer material.

[Translation done.]

* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]In the lightwave signal transmission systems which make an optical waveguide carry out end face combination of the light from an end face light emitting device, this invention relates to the structure which forms combination into the low following mode and enables reduction of waveguide loss of it, and the method of manufacturing this simple.

[0002]

[Description of the Prior Art]These working speeds and accumulation scales improve by progress of IC art or LSI technology, and highly-efficient-izing of microprocessor ** and large scale-ization of a memory chip are progressing quickly. Under such a situation, a high speed and densification, and electric wiring delay of signal wiring pose an obstacle for the above-mentioned highly-efficient-izing. As art which can solve this problem, optical interconnection (optical wiring) attracts attention. Although it is thought that application to various hierarchies, such as between the chips between the boards between apparatus devices and in an apparatus device and in a board, is possible for optical wiring, the lightwave signal transmission systems which make an optical waveguide a transmission line are effective in a comparatively short-distance signal transmission like [during a chip], for example.

[0003]Here, when applying the optical wiring which uses an optical waveguide to the transmission line for multi chip modules (MCM) to which for example, between LSI is connected, end face luminescence type a laser diode (LD) and a light emitting diode (LED) are used as a light emitting device of the transmitting side from before. The example of composition of the typical lightwave signal transmission systems which used the optical waveguide and end face luminescence type light emitting device is shown in drawing 9. In drawing 9 (a), optical waveguide WG3 which extends in the field inboard is formed on the substrate 21. This optical waveguide WG3 surrounds the core 23 by the clad 22 which consists

of material whose refractive index is lower than this. Optical waveguide WG3 has a vertical processed surface to the substrate 21, and the vertical flat surface of the core 23 exposed to this processed surface is made into the core end face 23a.

[0004]The light emitting device 30 is mounted on the above-mentioned substrate 21. When the above-mentioned light emitting device 30 is a laser diode, the longitudinal direction of the active layer 31 has agreed in the extending direction of the above-mentioned core 23, and is made as [carry out / beam-spot BS from the end of this active layer 31 / to the center section of the core 23 / image formation]. Here, the light emitting device 30 is correctly mounted on the clad 22 which had a part of thickness left behind on [instead of right above the substrate 21] this substrate 21. This is for adjusting the position of beam-spot BS according to the main height of the core 23. What is called an end face connection type that enters directly the light from the end face of the active layer 31 in the core 23 as shown in drawing 9 is effective, without making optics, such as a lens for optical convergence, intervene among both, in order to raise the coupling efficiency of light emitting device 30 and optical waveguide WG3 and to reduce a noise.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]By the way, the light from the light emitting devices 30, such as a laser diode, has an certain amount of angle of divergence to the field inboard and the perpendicular direction of the substrate 21, and since the angles of divergence in these both directions differ mutually, generally beam-spot BS shape serves as an ellipse. When the above-mentioned optical waveguide WG3 is an optical waveguide for multi-mode propagation and an end face connection type is adopted here, Since a means by which incident light is converged on the top where the cross-section area of the core 23 is large does not exist, even the large beam peripheral part ingredient of an angle of divergence will combine with the core 23, and what is called higher mode combination will arise. This state is shown in drawing 9 (b) and drawing 9 (c). The typical plan of the lightwave signal transmission systems which showed drawing 9 (a) drawing 9 (b), and drawing 9 (c) are the typical sectional views in alignment with the center line of optical waveguide WG3.

[0006]In higher mode, while light repeats reflection at a big angle in the interface of the core 23 and the clad 22, in order to spread, compared with the low following mode, the reflecting times per unit travelling distance increase. As a result, waveguide loss increases and there is a problem that the output of the emitted light of an optical waveguide declines. Therefore, when making a multi-mode optical waveguide carry out end face combination of the light from a light emitting device, combination is formed as much as possible into the low following mode, waveguide loss is suppressed, and increasing an output leads to stable lightwave signal transmission. Then, an object of this invention is to provide the method of manufacturing this simple to the lightwave signal transmission systems which enable starting stable lightwave

signal transmission.

[0007]

[Means for Solving the Problem]In lightwave signal transmission systems made as [make / introduce light from a light emitting device into said core part by end face combination and / it / spread], this invention makes the end face of said core part at least a music convex part which serves as a convex toward a light emitting device in an incident end face of an optical waveguide. By a lens effect of this music convex part, a large beam peripheral part ingredient of an angle of divergence can also spread now an inside of a core part as well as a small beam ingredient of an angle of divergence in the low following mode seemingly, and the above-mentioned purpose is attained.

[0008]In order to form this music convex part, on the surface of a clad part of an optical waveguide beforehand formed along with the field inboard on a substrate. What is necessary is to form an etching mask which has the edge profile projected by music convex shape in areas of overlap with a core part, and just to etch an optical waveguide until the whole section of a core part is exposed at least via this etching mask.

[0009]

[Embodiment of the Invention]The lightwave signal transmission systems of this invention control generating of the higher mode propagation which was the demerit of end face combination by giving a lens effect to the core end face. The music convex part of the core end face is taken as a convex in either [at least] the section profile of the field inboard of a substrate, or a vertical section profile. When it is a convex only in the section profile of field inboard, a funneling effect is acquired only to the ingredient within a field of a beam, and when it is a convex only in a vertical section profile, a funneling effect is acquired only to the vertical component of a beam. When it is a convex in the section profile of both field inboard and a perpendicular direction, a funneling effect is acquired to the beam ingredient which spreads in all the directions. The music convex parts in this invention may be any of a surface of a sphere and an aspheric surface.

[0010]What is necessary is just to adopt anisotropic etching conditions, when etching an optical waveguide via the etching mask which has the edge profile projected by music convex shape in areas of overlap with a core part, in order to form the core part that the section profile of field inboard becomes a convex. Anisotropic etching can be attained by raising the incidence energy of the ion to a workpiece by methods, such as bias application, in reactive ion etching which used plasma, for example. The incident end face formed becomes almost vertical to a substrates face by this, and the clad end face and the core end face are formed as a successive surface.

[0011]On the other hand, in order to form a core part from which a vertical section profile also becomes a convex in addition to field inboard, The end face of a core part is made to project

from the incident end face of said optical waveguide by forming the core part and the clad part using the material in which etch rates differ mutually beforehand, and etching on the conditions that the etch rate of a core part becomes slow compared with a clad part. Such etching can be performed under an isotropic etching condition. The wet etching for which the etching condition generally used the suitable etching reagent for *****, or the dry etching which makes a radical reaction a subject realizes. The state of the edge of the lobe of a core part changes with size of the etch selectivity at this time. When the etch selectivity between a core part and a clad part is not so large, the edge of a lobe becomes to some extent round during this etching. Therefore, if it seems that lens effect sufficient as [this] can be demonstrated and a good optical funneling effect can be expected, especially subsequent processing is unnecessary.

[0012]However, when demonstrating more sufficient lens effect, it is much more preferred to round off a lobe by heat treatment. However, in order to change only a core part during heat treatment and to make it not change a clad part, the material selection which also took glass transition temperature into consideration in addition to the above-mentioned etching properties is important. That is, the lobe of a core part changes to the music convex decided by the viscosity and surface tension of the material in a softened state or a molten state by constituting a core part using material with a low glass transition temperature compared with a clad part, and heat-treating at the temperature which may be made to transform only a core part. Thereby, the core end face where the both sides of the section profile of the field inboard of a substrate and a vertical section profile become a convex can be formed.

[0013]Even though it forms which core end face, etching is performed until it exposes the whole section of a core part. namely, -- whether it leaves the clad of the lower part of a core part somewhat on a substrate, or removes all clads and exposes a substrate -- further -- or it does not matter even if it removes some layer parts of a substrate. Since a light emitting device is mounted in the removing part of an optical waveguide in this invention, it is important to set up etched depth so that the height of the light-emitting surface of this light emitting device may agree with the center of a core part.

[0014]By the way, that transparency is high and there is little waveguide loss as conditions required of the clad part which constitutes an optical waveguide, and a core part, there being little aging of a refractive index or volume, and excelling [in heat resistance]-in consideration of solder mounting of luminescence and photo detector ** are mentioned. As a material which fulfills these conditions, polymer materials, such as ultraviolet curing resin, such as an epoxy system and acrylic, and polyimide, are known for the inorganic material with quartz and organic materials. Especially a polymer material is low-cost, production by a low temperature process is possible, and, moreover, it has the merit that the correspondence to large-area-izing is also easy.

[0015]

[Example] Hereafter, the concrete example of this invention is described.

[0016] Example 1 -- here, the example of 1 composition of the lightwave signal transmission systems in which the level convex part was formed to the incident end face of the optical waveguide is explained, referring to drawing 1. In drawing 1, optical waveguide WG1 which extends in the field inboard is formed on the substrate 1. This optical waveguide WG1 surrounds the core 3 by the clad 2 which consists of material whose refractive index is lower than this. Although optical waveguide WG1 has a vertical incident end face to the substrate 1, this incident end face is not flat and the level convex part 4 in which a projection amount increases toward the center line of the core 3 is formed.

[0017] On the above-mentioned substrate 1, the laser diode is mounted as the light emitting device 10. The longitudinal direction of the active layer 11 of the luminous layer 10 has agreed in the extending direction of the above-mentioned core 3, and is made as [carry out / beam-spot BS from the end of this active layer 11 / to the center section of the core 3 / image formation]. Here, the light emitting device 10 is correctly mounted on the clad 2 which had a part of thickness left behind on [instead of right above the substrate 1] this substrate 1. This is for adjusting the position of beam-spot BS according to the main height of the core 3.

[0018] In the above-mentioned lightwave signal transmission systems, the breadth ingredient of the field inboard (horizontal direction) of the substrate 1 can be completed by this example among the ingredient of the laser beam emitted by existence of the level convex part 4 from the above-mentioned light emitting device 10. Drawing 1 (b) and drawing 1 (c) are the typical sectional views in alignment with the center line of typical plan [of lightwave signal transmission systems], and optical waveguide WG1 shown in drawing 1 (a). Although the big beam periphery ingredient of an angle of divergence is changed into a parallel beam by the lens effect of the level convex part 4 as a case ideal for drawing 1 (b) and signs that the inside of the core 3 is gone straight on are shown, Even if it does not become a parallel beam in this way, compared with the case where the core end face is flat, the incidence angle of the laser beam to the interface of the core 3 and the clad 2 can be made small. Therefore, the low following mode propagation is attained, waveguide loss is suppressed, and the optical power in an emitting end can be increased.

[0019] Example 2 -- here, the manufacturing process in the case of forming the incident end face of the optical waveguide of the lightwave signal transmission systems shown in drawing 1 shown above by anisotropic etching is explained, referring to drawing 2 thru/or drawing 5. First, on the substrate 1 which consists of materials, such as silicon and glass, as shown in drawing 2, For example, through the spin coat of polymethylmethacrylate, and heat treatment, rather than the lower clad layer 2a and this lower clad layer 2a, the core layer with a high refractive index was laminated in this order, then this core layer was patterned, and the core 3 was formed. The dry etching through the metal mask which is not illustrated, for example performed

this patterning.

[0020]Next, as shown in drawing 3, this upper clad layer 2b that formed upper clad layer 2b evenly through a spin coat and heat treatment all over the base consists of the same material as the lower clad layer 2a. The clad 2 which has two incomes with this lower clad layer 2a, and encloses the core 3 is constituted. Next, as shown in drawing 4, the etching mask 5 which consists of metallic materials, such as aluminum and Ti, was formed in the upper surface of the above-mentioned clad 2. The heights 5a projected by music convex shape in areas of overlap with the core 3 are formed in the edge of this etching mask 5.

[0021]Next, anisotropic etching of the clad 2 and the core 3 was performed via this etching mask 5 using oxygen plasma. As a result, as shown in drawing 5, the level convex part 4 which reflected the edge profile as it was was formed in the incident end face of optical waveguide WG1 in the pattern of the etching mask 5. After this, the etching mask 5 was removed, the light emitting device 10 was mounted in the removing part of an optical waveguide in accordance with the conventional method, and lightwave signal transmission systems as shown in drawing 1 were produced.

[0022]Example 3 -- here, the example of 1 composition of the lightwave signal transmission systems which made the core end face the curved surface part is explained among the incident end face of an optical waveguide, referring to drawing 6. The reference mark of drawing 6 is as common as drawing 1 shown above in part. In drawing 6, among the incident end face of optical waveguide WG2, although considered as the level convex part 4 same about the clad end face as Example 1, let the core end faces be 3 s of curved surface parts. Also in a horizontal section profile, 3 s of this curved surface part is a convex also in a vertical section profile.

[0023]In the above lightwave signal transmission systems, the ingredient of all the directions of the laser beam emitted by the existence of 3 s of curved surface parts from the above-mentioned light emitting device 10 can be completed. Drawing 6 (b) and drawing 6 (c) are the typical sectional views in alignment with the center line of typical plan [of lightwave signal transmission systems], and optical waveguide WG2 shown in drawing 6 (a). Although the big beam periphery ingredient of an angle of divergence is changed into a parallel beam by the lens effect of the level convex part 4 as a case ideal for drawing 6 (b) and drawing 6 (c) and signs that the inside of the core 3 is gone straight on are shown, Even if it does not become a parallel beam in this way, compared with the case where the core end face is flat, the incidence angle of the laser beam to the interface of the core 3 and the clad 2 can be made small. Therefore, the low following mode propagation is attained, waveguide loss is suppressed, and the optical power in an emitting end can be increased.

[0024]Example 4 -- here, the manufacturing process in the case of forming the incident end face of the optical waveguide of the lightwave signal transmission systems shown in drawing 6

shown above by isotropic etching and heat treatment is explained, referring to drawing 7 and drawing 8. First, formation of the lower clad layer 2a, patterning of the core 3, formation of upper clad layer 2b, and formation of the etching mask 5 were performed like Example 2. However, what has a glass transition temperature lower than the clad 2 was chosen slower [the etch rate in the below-mentioned isotropic etching] as a component of the core 3 than the clad 2.

[0025]Next, the clad 2 and the core 3 were etched according to the isotropic etching condition via the above-mentioned etching mask 5. However, since the etch rate of the core 3 at this time is slow compared with the clad 2, The incident end face of optical waveguide WG2 did not become in the level convex part 4 which reflected the edge profile of the etching mask 5 as it was extensively, but changed into the state where only the core end face was left behind as some lobe 3p, as [show / in drawing 7]. Next, the etching mask 5 was removed and more than the glass transition temperature of the core 3 heat-treated at the temperature of less than the glass transition temperature of the clad 2. Thereby, as shown in drawing 8, the lobe 3p changed to 3 s of curved surface parts. The shape of 3 s of this curved surface part is decided by the viscosity and surface tension of a component of the core 3. After this, the light emitting device 10 was mounted in the removing part of an optical waveguide in accordance with the conventional method, and lightwave signal transmission systems as shown in drawing 6 were produced.

[0026]As mentioned above, although this invention was explained based on the example of four examples, this invention is not limited to these examples at all, and change, selection, and combination are possible for it about details, such as composition of lightwave signal transmission systems, shape of an optical waveguide, and a processing method, suitably, for example.

[0027]

[Effect of the Invention]Since it becomes combinable to the low following mode by the device of the shape of the core end face according to this invention even if it is a case where end face combination of the light from an end face light emitting device is carried out in the incident end face of an optical waveguide so that clearly also from the above explanation, waveguide loss can be suppressed and high optical power can be obtained. The lightwave signal transmission systems which harnessed the original strong point of end face combination, such as high coupling efficiency and low noise, in full by this are realized. This invention serves as indirect support of the high speed and densification of the signal wiring in various electronic equipment, and the industrial value is very large.

[Translation done.]

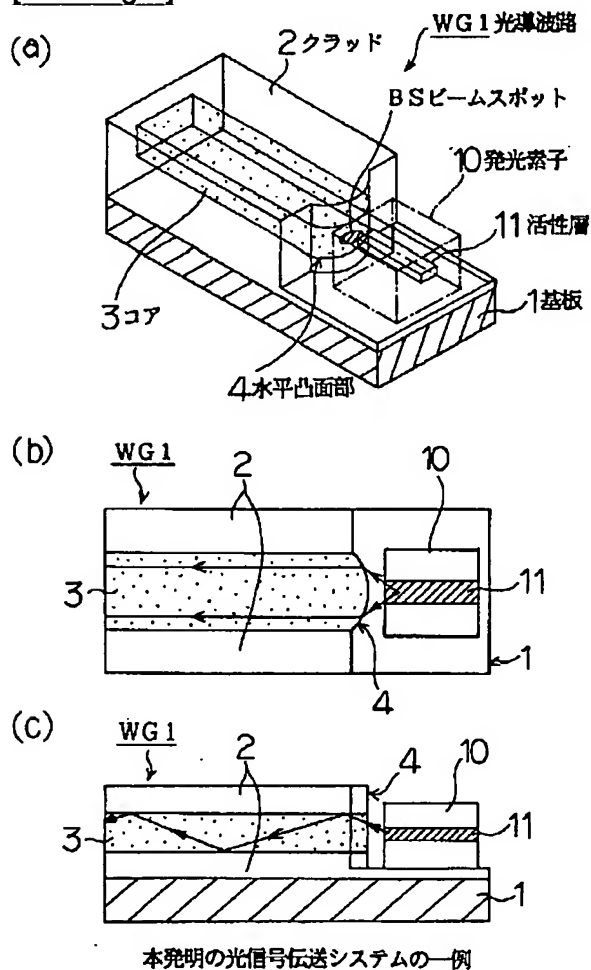
* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

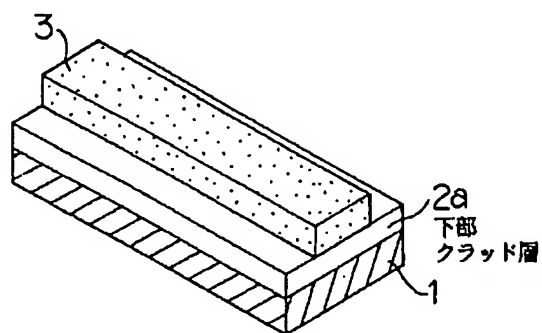
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

[Drawing 1]

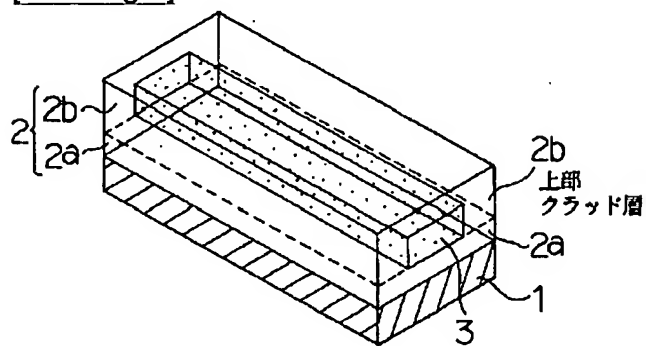


[Drawing 2]



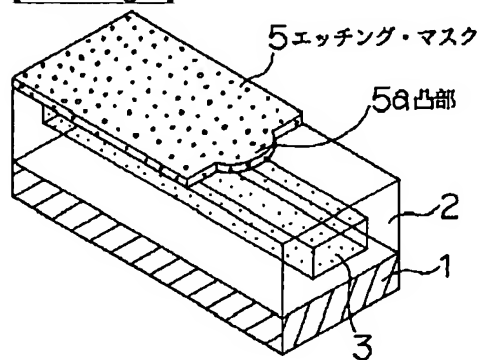
下部クラッド層上におけるコアのパターニング

[Drawing 3]



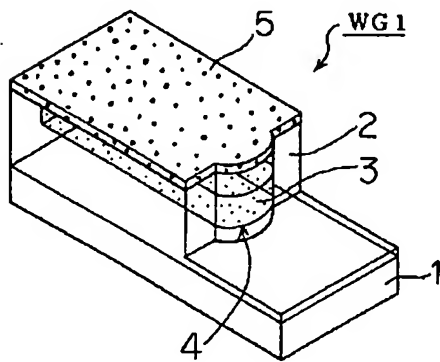
上部クラッド層の積層

[Drawing 4]



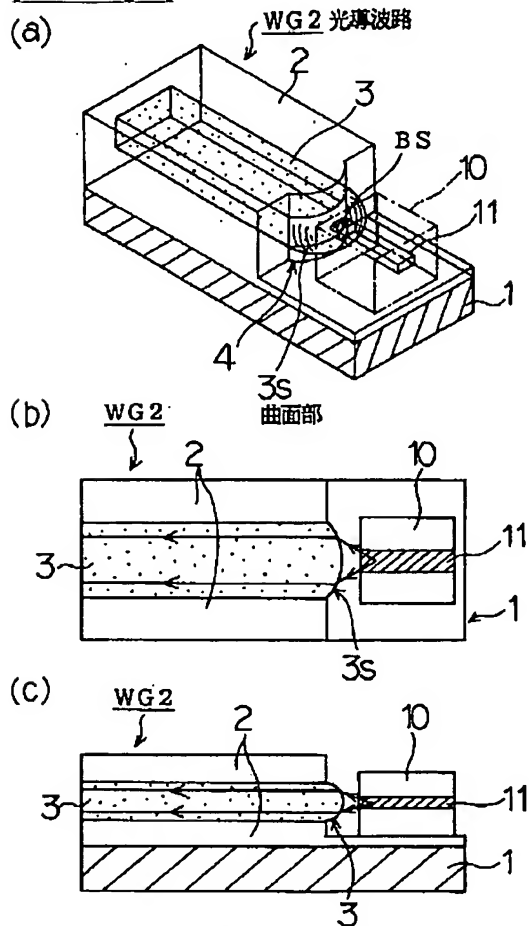
エッチング・マスクのパターニング

[Drawing 5]



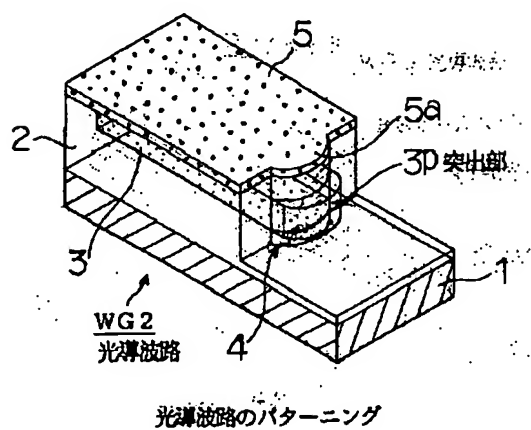
光導波路のパターニング

[Drawing 6]

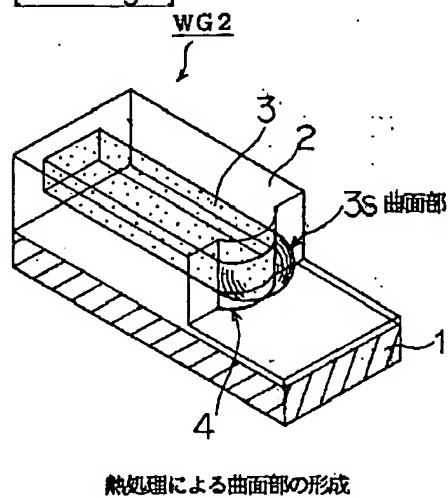


本発明の光信号伝送システムの他の例

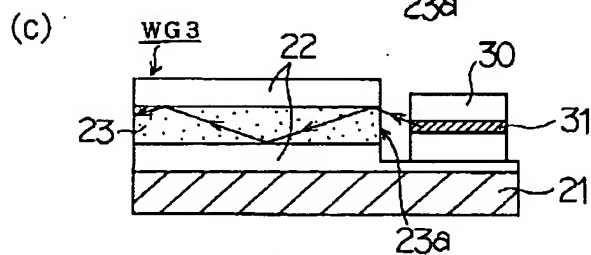
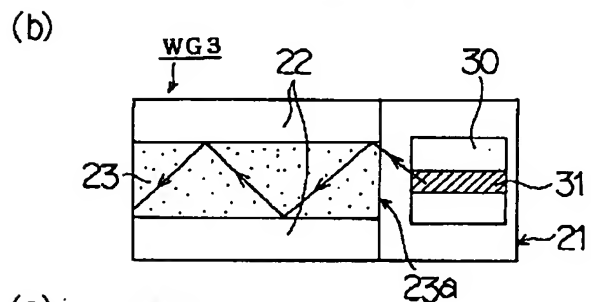
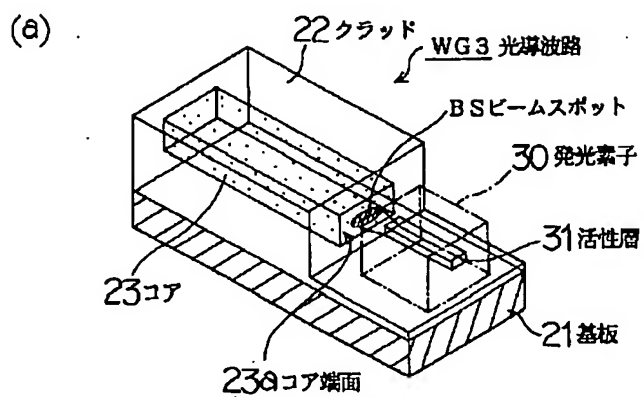
[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Drawing 9]



従来の光信号伝送システムの一例

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-39531

(P2000-39531A)

(43)公開日 平成12年2月8日(2000.2.8)

(51)IntCl. ⁷	識別記号	F I	テームト(参考)
G 0 2 B 6/13		G 0 2 B 6/12	M 2 H 0 4 7
6/122			A

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平10-206274

(22)出願日 平成10年7月22日(1998.7.22)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 小川 剛

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72)発明者 奥洞 明彦

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

Fターム(参考) 2H047 AA03 AA15 CC07 EE02 EE21

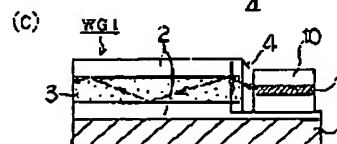
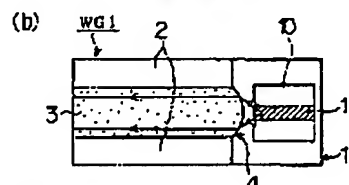
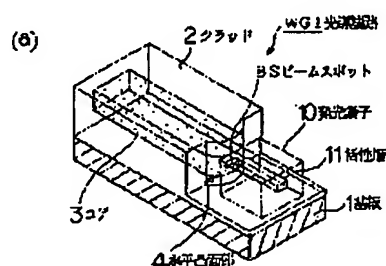
EE24 EE28 GG05

(54)【発明の名称】 光信号伝送システムおよびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 光導波路の入射端面にて端面発光型の発光素子からの光を端面結合させる場合の高次モード伝播を抑制し、導波損失を抑え、光出力を増大させる。

【解決手段】 光導波路WG1の入射端面において、コア端面部分を水平凸面部4とする。発光素子10の活性層11から出射したレーザ光は、水平方向および垂直方向にある程度の広がり成分を持つが、このうち水平成分は水平凸面部4のレンズ効果により収束され、平行光、もしくはコア3とクラッド2との界面への入射角の小さい状態で伝播すること、すなわち低次モード伝播が可能となる。水平凸面部4は、同様のエッジ・プロファイルを持つエッチング・マスクを介した異方性エッチングで形成できる。コア端面が球面に近い場合には、水平成分に加えて垂直成分も収束される。



本発明の光信号伝送システムの一例

(2)

特開2000-39531

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 コア部と該コア部を包囲するクラッド部とからなり、基板上に該基板の面内方向に延在される光導波路と、

前記基板上において前記光導波路の入射端面側に配され、該基板の面内方向に光を出射する発光素子とを備え、

前記発光素子からの光を端面結合により前記コア部内へ導入し伝送させるようになされた光信号伝送システムであって、

前記光導波路の入射端面において少なくとも前記コア部の端面が前記発光素子に向かって凸となる曲凸面部を有することを特徴とする光信号伝送システム。

【請求項2】 前記曲凸面部は、前記基板の面内方向の断面プロファイル、および垂直方向の断面プロファイルの少なくとも一方において凸であることを特徴とする請求項1記載の光信号伝送システム。

【請求項3】 前記コア部および前記クラッド部がいずれも高分子材料からなることを特徴とする請求項1記載の光信号伝送システム。

【請求項4】 コア部と該コア部を包囲するクラッド部とからなる光導波路を基板上にその面内方向に延在させるごとく形成する第1工程と、

前記クラッド部の表面に、前記コア部との重複部分において曲凸面状に突出されたエッジ・プロファイルを有するエッチング・マスクを形成する第2工程と、

前記エッチング・マスクを介し、少なくともコア部の断面全体が露出するまで前記光導波路をエッチングすることにより曲凸面状の入射端面を形成する第3工程と、

前記基板の面内方向に光を出射する発光素子を前記入射端面に対向させるごとく前記光導波路の除去部に実装する第4工程とを有することを特徴とする光信号伝送システムの製造方法。

【請求項5】 前記第3工程におけるエッチングを異方性エッチング条件下で行うことにより、前記基板の面内方向における断面プロファイルが凸となるコア部を形成することを特徴とする請求項4記載の光信号伝送システムの製造方法。

【請求項6】 前記コア部と前記クラッド部とを互いにエッチング速度の異なる材料を用いて形成し、前記第3工程におけるエッチングを該クラッド部に比べて該コア部のエッチング速度を小とする条件下で行うことにより該コア部の端面を前記光導波路の入射端面より突出させることを特徴とする請求項4記載の光信号伝送システムの製造方法。

【請求項7】 前記コア部を前記クラッド部に比べてガラス転移温度の低い材料を用いて形成し、前記第3工程におけるエッチングが終了した後に、該コア部のみを変形させ得る温度で熱処理を行ってその突出した端面を丸めることにより、前記基板に対して垂直方向の断面プロ

ファイルも凸となるコア部を形成することを特徴とする請求項6記載の光信号伝送システムの製造方法。

【請求項8】 前記光導波路を高分子材料を用いて形成することを特徴とする請求項4記載の光信号伝送システムの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は端面発光素子からの光を光導波路に端面結合させる光信号伝送システムにおいて、結合を低次モード化して導波損失を低減可能とする構造、およびこれを簡便に製造する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】IC技術やLSI技術の進歩によりこれらの動作速度や集積規模が向上し、マイクロプロセッサにの高性能化やメモリ・チップの大容量化が急速に進んでいる。このような状況下では、信号配線の高速・高密度化や電気配線遅延が上記高性能化のネックとなっている。この問題を解消し得る技術として、光インターコネクション（光配線）が注目されている。光配線は、機器装置間、機器装置内のボード間、ボード内のチップ間等、様々な階層に適用可能と考えられているが、たとえばチップ間のように比較的短距離の信号伝送には光導波路を伝送路とする光信号伝送システムが有効である。

【0003】ここで、光導波路を使用した光配線をたとえばLSI間を結ぶマルチチップモジュール（MCM）用の伝送路に適用する場合、従来より端面発光型のレーザ・ダイオード（LD）や発光ダイオード（LED）が送信側の発光素子として用いられている。図9に、光導波路と端面発光型の発光素子を用いた典型的な光信号伝送システムの構成例を示す。図9（a）において、基板21上にはその面内方向に延在される光導波路WG3が形成されている。この光導波路WG3は、コア23をこれより屈折率の低い材料からなるクラッド22で包囲したものである。光導波路WG3は基板21に対して垂直な加工面を有しており、この加工面に露出するコア23の垂直平坦面がコア端面23aとされている。

【0004】上記基板21上には、発光素子30が実装されている。上記発光素子30がたとえばレーザ・ダイオードである場合、その活性層31の長手方向は上記コア23の延在方向に台致されており、該活性層31の一端からのビームスポットBSがコア23の中央部に結像するようになされている。なお、ここでは発光素子30は正確には基板21の直上ではなく、該基板21上に厚みの一部を残されたクラッド22の上に実装されている。これは、ビームスポットBSの位置をコア23の中心高さに合わせて調整するためである。発光素子30と光導波路WG3の結合効率を高め、ノイズを低減するためには、両者の間に光収束用のレンズ等の光学部品を介在させることなく、図9に示されるように活性層31の端面からの光を直接コア23に入射させる、いわゆる端

(3)

特開2000-39531

3

4

面結合方式が有効である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、レーザ・ダイオード等の発光素子30からの光は基板21の面内方向および垂直方向にある程度の広がり角を有しており、これら両方向における広がり角が互いに異なるために、ビームスポットBS形状は一般に楕円となっている。ここで、上記光導波路WG3がマルチモード伝搬用の光導波路であって、かつ端面結合方式が採用される場合には、コア23の断面幅が大きい上に入射光を収束される手段が存在しないので、広がり角の大きいビーム外周部成分までもがコア23に結合し、いわゆる高次モード結合が生じてしまう。この状態を、図9(b)および図9(c)に示す。図9(b)は図9(a)に示した光信号伝送システムの模式的な上面図、図9(c)は光導波路WG3の中心線に沿った模式的断面図である。

【0006】高次モードでは、コア23とクラッド22との境界面において光が大きな角度で反射を繰り返しながら伝搬するため、低次モードに比べて単位伝搬距離あたりの反射回数が多くなる。この結果、導波損失が増大し、光導波路の出力光の出力が低下するという問題がある。したがって、マルチモード光導波路に発光素子からの光を端面結合させる際には、できるだけ結合を低次モード化して導波損失を抑え、出力を増大させることが安定な光信号伝送につながる。そこで本発明は、かかる安定な光信号伝送を可能とする光信号伝送システムと、これを簡便に製造する方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、発光素子からの光を端面結合により前記コア部内へ導入し伝搬させるようになされた光信号伝送システムにおいて、光導波路の入射端面において少なくとも前記コア部の端面を発光素子に向かって凸となる曲凸面部とするものである。この曲凸面部のレンズ効果により、広がり角の大きいビーム外周部成分も見かけ上、広がり角の小さいビーム成分と同様にコア部の内部を低次モードにて伝搬できるようになり、上述の目的が達成される。

【0008】かかる曲凸面部を形成するには、予め基板上にその面内方向に沿って形成された光導波路のクラッド部の表面に、コア部との重複部分において曲凸面状に突出されたエッジ・プロファイルを有するエッチング・マスクを形成し、このエッチング・マスクを介して少なくともコア部の断面全体が露出するまで光導波路をエッチングすればよい。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明の光信号伝送システムは、コア端面にレンズ効果を持たせることにより、端面結合の短所であった高次モード伝搬の発生を抑制するものである。コア端面の曲凸面部は、基板の面内方向の断面プロファイル、および垂直方向の断面プロファイルの少な

くとも一方において凸とする。面内方向の断面プロファイルにおいてのみ凸である場合には、ビームの面内成分のみに対して収束効果が得られ、垂直方向の断面プロファイルにおいてのみ凸である場合には、ビームの垂直成分のみに対して収束効果が得られる。面内方向と垂直方向の両方の断面プロファイルにおいて凸である場合には、あらゆる方向に広がるビーム成分に対して収束効果が得られる。なお、本発明における曲凸面部は、球面、非球面のいずれであってもよい。

【0010】面内方向の断面プロファイルが凸となるようなコア部を形成するためには、コア部との重複部分において曲凸面状に突出されたエッジ・プロファイルを有するエッチング・マスクを介して光導波路をエッチングする際に、異方性エッチング条件を採用すればよい。異方性エッチングは、たとえばブラズマを用いた反応性イオン・エッチングにおいてバイアス印加等の方法により被加工物へのイオンの入射エネルギーを高めることで達成できる。これにより、形成される入射端面は基板面に対してほぼ垂直となり、クラッド端面とコア端面とが連続面として形成される。

【0011】一方、面内方向に加えて垂直方向の断面プロファイルも凸となるようなコア部を形成するためには、予めコア部とクラッド部とを互いにエッチング速度の異なる材料を用いて形成しておき、コア部のエッチング速度がクラッド部に比べて遅くなるような条件でエッチングを行うことにより、コア部の端面を前記光導波路の入射端面より突出させる。このようなエッチングは、等方的なエッチング条件下で行うことができる。等方的なエッチング条件は一般に、適当なエッチング液を用いたウェットエッチング、あるいはラジカル反応を主体とするドライエッチングにより実現される。なお、このときのエッチング選択性の大小により、コア部の突出部のエッジの状態が異なる。コア部とクラッド部との間のエッチング選択性がそれほど大きくない場合には、このエッチング中に突出部のエッジがある程度丸くなる。したがって、このままで十分なレンズ効果を発揮することができ、良好な光収束効果が期待できるようであれば、その後の処理は特に不要である。

【0012】しかし、より十分なレンズ効果を発揮させる上では、熱処理により突出部を丸めることが一層好適である。ただし、熱処理中にコア部のみを変形させ、クラッド部は変形させないようにするため、上記のエッチング特性に加えてガラス転移温度も考慮した材料選択が重要である。すなわち、コア部をクラッド部に比べてガラス転移温度の低い材料を用いて構成し、コア部のみを変形させ得る温度にて熱処理を行うことにより、コア部の突出部は軟化状態または熔融状態におけるその材料の粘度や表面張力により決まる曲凸面に変化する。これにより、基板の面内方向の断面プロファイルと垂直方向の断面プロファイルの双方が凸となるようなコア端面を形

(4)

特開2000-39531

5

成することができる。

【0013】いずれのコア端面を形成するにしても、エッチングはコア部の断面全体を露出させるまで行う。すなわち、コア部の下方のクラッドを基板上に多少残しても、あるいはクラッドをすべて除去して基板を露出させても、さらには基板の裏面部を多少除去しても構わない。本発明では光導波路の除去部に発光素子を実装するので、この発光素子の発光面の高さがコア部の中心と合致するようにエッチング深さを設定することが肝要である。

【0014】ところで、光導波路を構成するクラッド部とコア部に要求される条件としては、透明性が高く導波損失が少ないこと、屈折率や体積の経時変化が少ないこと、発光・受光素子のはんだ実装を考慮して耐熱性に優れること、が挙げられる。これらの条件を満たす材料として、無機材料では石英、有機材料ではエポキシ系やアクリル系等の紫外線硬化樹脂、ポリイミド等の高分子材料が知られている。特に高分子材料は、コストが低く、低温プロセスによる作製が可能で、しかも大面積化への対応も容易であるといったメリットを有する。

【0015】

【実施例】以下、本発明の具体的な実施例について説明する。

【0016】実施例1

ここでは、光導波路の入射端面に水平凸面部を形成した光信号伝送システムの一構成例について、図1を参照しながら説明する。図1において、基板1上にはその面内方向に延在される光導波路WG1が形成されている。この光導波路WG1は、コア3をこれより屈折率の低い材料からなるクラッド2で包囲したものである。光導波路WG1は基板1に対して垂直な入射端面を有しているが、この入射端面は平坦ではなく、コア3の中心線に向かって突出量が増大するような水平凸面部4が形成されている。

【0017】上記基板1上には、発光素子10としてたとえばレーザ・ダイオードが実装されている。発光層10の活性層11の長手方向は上記コア3の延在方向に台致されており、該活性層11の一端からのビームスポットBSがコア3の中央部に結像するようになされている。なお、ここでは発光素子10は正確には基板1の直上ではなく、該基板1上に厚みの一部を残されたクラッド2の上に実装されている。これは、ビームスポットBSの位置をコア3の中心高さに合わせて調整するためである。

【0018】上記の光信号伝送システムにおいては、本実施例では水平凸面部4の存在により、上記発光素子10から放出されるレーザ光の成分中、基板1の面内方向（水平方向）の広がり成分を収束させることができる。図1(b)および図1(c)は、図1(a)に示した光信号伝送システムの模式的な上面図および光導波路WG

6

1の中心線に沿った模式的断面図である。図1(b)には理想的なケースとして、広がり角の大きなビーム外周成分が水平凸面部4のレンズ効果により平行光に変換され、コア3中を直進する様子が示されているが、仮にこのように平行光とはならなくても、コア端面が平坦な場合に比べてコア3とクラッド2の界面へのレーザ光の入射角を小さくすることができる。したがって、低次モード伝播が可能となり、導波損失が抑えられ、出射端における光出力を増大させることができる。

10 【0019】実施例2

ここでは、前掲の図1に示した光信号伝送システムの光導波路の入射端面を異方性エッチングにより形成する場合の製造プロセスについて、図2ないし図5を参照しながら説明する。まず、図2に示されるように、シリコンやガラス等の材料からなる基板1上に、たとえばポリメチルメタクリレートのスピンコートおよび熱処理を経て下部クラッド層2a、および該下部クラッド層2aよりも屈折率の高いコア層をこの順に積層し、次にこのコア層をパターニングしてコア3を形成した。このパターニングは、たとえば図示されないメタル・マスクを介したドライエッチングにより行った。

【0020】次に、図3に示されるように、基体の全面にたとえばスピンコートおよび熱処理を経て上部クラッド層2bを平坦に形成したこの上部クラッド層2bは下部クラッド層2aと同じ材料からなり、該下部クラッド層2aと共働してコア3を取り囲むクラッド2を構成するものである。次に、図4に示されるように、上記クラッド2の上面にたとえばA1、Ti等の金属材料からなるエッチング・マスク5を形成した。このエッチング・マスク5のエッジには、コア3との重複部分において曲凸面状に突出された凸部5aが形成されている。

【0021】次に、このエッチング・マスク5を介し、たとえば酸素プラズマを用いてクラッド2およびコア3の異方性エッチングを行った。この結果、図5に示されるように、光導波路WG1の入射端面にはエッチング・マスク5のパターンをエッジ・プロファイルそのまま反映した水平凸面部4が形成された。この後は、エッチング・マスク5を除去し、光導波路の除去部に常法にしたがって発光素子10を実装し、図1に示したような光信号伝送システムを作製した。

【0022】実施例3

ここでは、光導波路の入射端面中、コア端面を曲面部とした光信号伝送システムの一構成例について、図6を参照しながら説明する。なお、図6の参照符号は、前掲の図1と一部共通である。図6において、光導波路WG2の入射端面中、クラッド端面については実施例1と同様の水平凸面部4とされているが、コア端面は曲面部3sとされている。この曲面部3sは、水平方向の断面プロファイルにおいても垂直方向の断面プロファイルにおいても凸である。

(5)

特開2000-39531

7

8

【0023】上記のような光信号伝送システムにおいて、曲面部3sの存在により、上記発光素子10から放出されるレーザ光のあらゆる方向の成分を収束させることができる。図6(b)および図6(c)は、図6(a)に示した光信号伝送システムの模式的な上面図および光導波路WG2の中心線に沿った模式的断面図である。図6(b)および図6(c)には理想的なケースとして、広がり角の大きなビーム外周成分が水平凸面部4のレンズ効果により平行光に変換され、コア3中を直進する様子が示されているが、仮にこのように平行光とはならず、コア端面が平坦な場合に比べてコア3とクラッド2の界面へのレーザ光の入射角を小さくすることができる。したがって、低次モード伝播が可能となり、導波損失が抑えられ、出射端における光出力を増大させることができる。

【0024】実施例4

ここでは、前掲の図6に示した光信号伝送システムの光導波路の入射端面を等方性エッチングおよび熱処理により形成する場合の製造プロセスについて、図7および図8を参照しながら説明する。まず、実施例2と同様に下部クラッド層2aの形成、コア3のパターニング、上部クラッド層2bの形成、およびエッチング・マスク5の形成を行った。ただし、コア3の構成材料としては、従来の等方性エッチングにおけるエッチング速度がクラッド2よりも遅く、かつガラス転移温度がクラッド2よりも低いものを選択した。

【0025】次に、上記エッチング・マスク5を介して等方的なエッチング条件によりクラッド2とコア3をエッチングした。ただし、この時のコア3のエッチング速度はクラッド2に比べて遅いので、光導波路WG2の入射端面は全面的にエッチング・マスク5のエッジ・プロファイルをそのまま反映した水平凸面部4とはならず、図7に示されるように、コア端面のみが若干の突出部3pとして残された状態となった。次に、エッチング・マスク5を除去し、コア3のガラス転移温度以上、クラッド2のガラス転移温度未満の温度にて熱処理を行った。これにより、図8に示されるように、突出部3pが曲面部3sに変化した。この曲面部3sの形状は、コア3の構成材料の粘度や表面張力により決まるものである。この後は、光導波路の除去部に意図にしたがって発光素子10を実装し、図6に示したような光信号伝送システムを作製した。

【0026】以上、本発明を4例の実施例にもとづいて説明したが、本発明はこれらの実施例に何ら限定されるものではなく、たとえば光信号伝送システムの構成、光導波路の形状や加工方法等の細部については、適宜変更、選択、組合せが可能である。

【0027】

【発明の効果】以上の説明からも明らかなように、本発明によれば、光導波路の入射端面にて端面発光素子からの光を端面結合させる場合であっても、コア端面の形状の工夫により低次モードへの結合が可能となるため、導波損失を抑え、高い光出力を得ることができる。これにより、高結合効率、低雑音といった端面結合の本来的な長所をフルに活かした光信号伝送システムが実現される。本発明は様々な電子機器における信号配線の高速・高密度化の間の接的支援となるものであり、その産業上の価値は極めて大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】光導波路の入射端面に水平凸面部を形成した本発明の光信号伝送システムの一構成例を示す図であり、(a)は概略斜視図、(b)は模式的上面図、(c)は光導波路の延在方向に沿った模式的断面図である。

【図2】図1の光信号伝送システムの製造プロセスにおいて、下部クラッド層の上でコアをパターニングした状態を示す概略斜視図である。

【図3】図2の基体上に上部クラッド層を積層した状態を示す概略斜視図である。

【図4】図3のクラッドの上でエッチング・マスクをパターニングした状態を示す概略斜視図である。

【図5】図4のエッチング・マスクを介して光導波路をパターニングし、入射端面に水平凸面部を形成した状態を示す概略斜視図である。

【図6】光導波路の入射端面に曲面部を形成した本発明の光信号伝送システムの他の構成例を示す図であり、(a)は概略斜視図、(b)は模式的上面図、(c)は光導波路の延在方向に沿った模式的断面図である。

【図7】図6の光信号伝送システムの製造プロセスにおいて、エッチング・マスクを介して光導波路をパターニングし、コアの端面に突出部を形成した状態を示す概略斜視図である。

【図8】図7の突出部を熱処理により曲面部に変化させた状態を示す概略斜視図である。

【図9】光導波路の入射端面が平らな従来の光信号伝送システムの一構成例を示す図であり、(a)は概略斜視図、(b)は模式的上面図、(c)は光導波路の延在方向に沿った模式的断面図である。

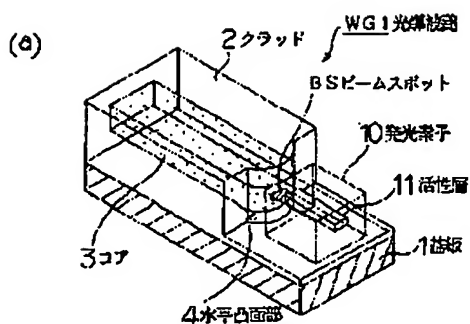
【符号の説明】

1…基板 2…クラッド 2a…下部クラッド層 2b…上部クラッド層 3…コア 3p…(コアの)突出部 3s…曲面部 4…水平凸面部 5…エッチング・マスク 5a…(エッチング・マスクの)凸部 10…発光素子 11…活性層 WG1, WG2…光導波路 B S…ビーム・スポット

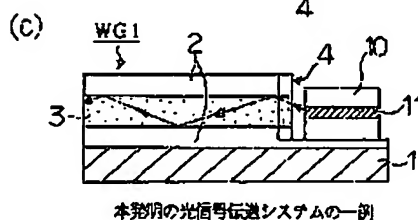
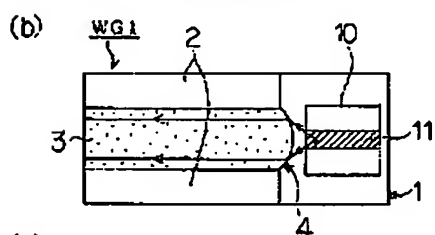
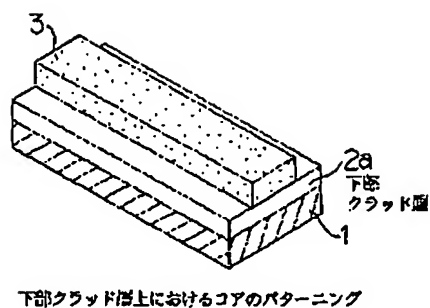
(6)

特開2000-39531

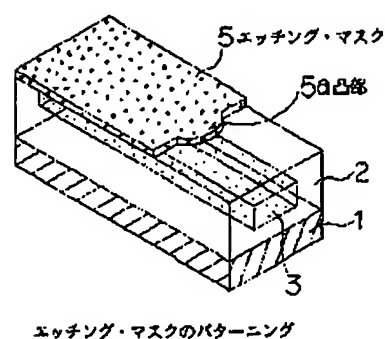
【図1】



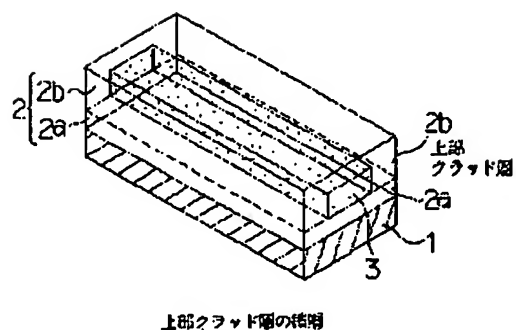
【図2】



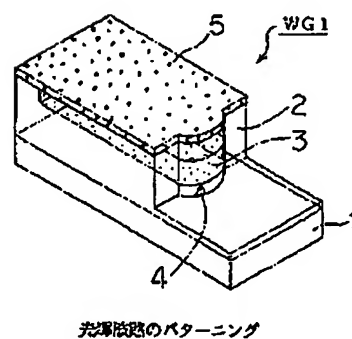
【図4】



【図3】



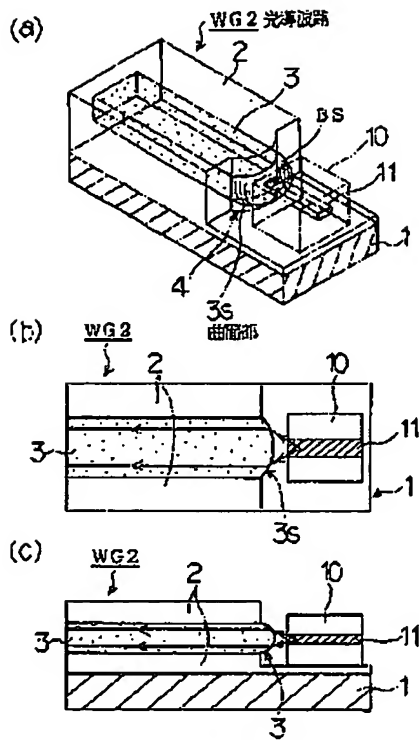
【図5】



(7)

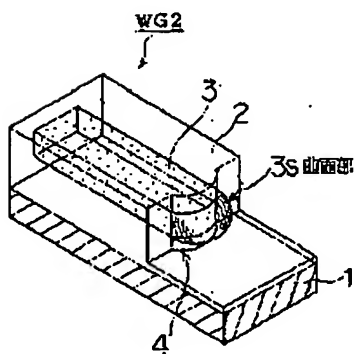
特開2000-39531

【図6】



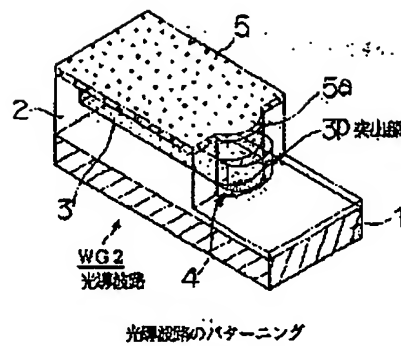
本発明の光信号伝送システムの他の例

【図8】

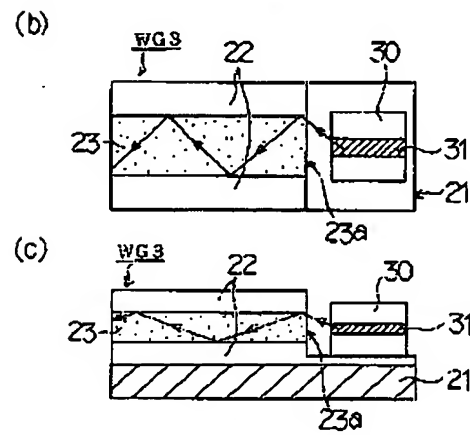
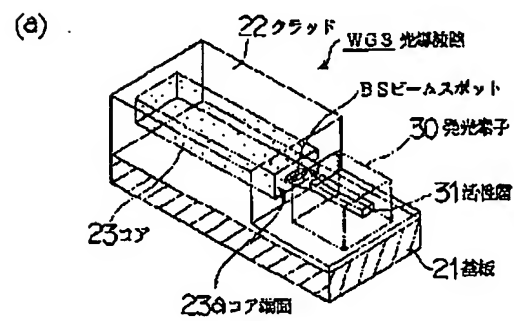


熱処理による曲面部の形成

【図7】



【図9】



従来の光信号伝送システムの一例